

SEMICONDUCTOR DEVICE, AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR, AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

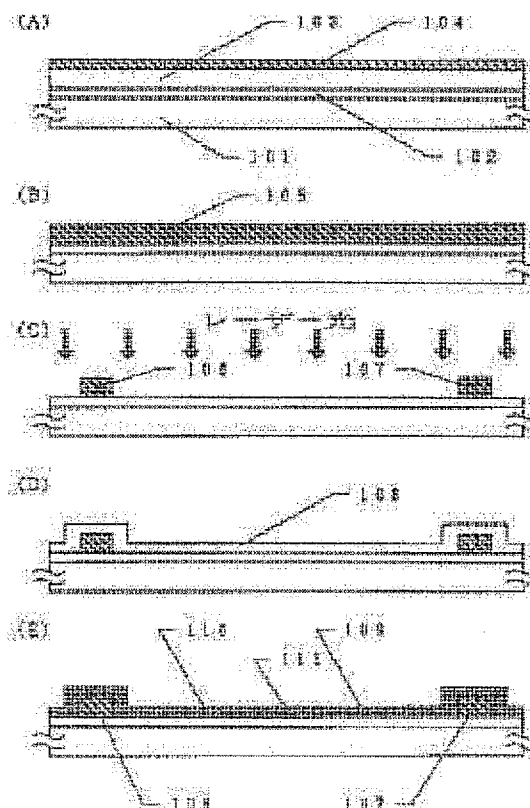
Patent number: JP8321466 (A)
Publication date: 1996-12-03
Inventor(s): YAMAZAKI SHUNPEI; MIYANAGA SHOJI; TERAMOTO SATOSHI +
Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB +
Classification:
- international: H01L21/02; H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L21/77; H01L21/84; H01L27/12; H01L29/786; H01L21/306; H01L21/02; H01L21/70; H01L27/12; H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L27/12; H01L29/786
- european: H01L21/20D; H01L21/20D2; H01L21/77T
Application number: JP19950128920 19950428
Priority number(s): JP19950128920 19950428; JP19950086331 19950317; JP19950088787 19950321

Also published as:

JP3675886 (B2)
US5824574 (A)
KR100433360 (B1)

Abstract of JP 8321466 (A)

PURPOSE: To provide a film transistor which has property equivalent to one using single-crystal silicon. **CONSTITUTION:** A base film 102 is made on a glass substrate 101, and thereon, an amorphous silicon film 103 is made. Here, a nickel film 104 is made, and heating is performed, thus the amorphous silicon film 103 is crystallized by the action of nickel element. Then, patterning is performed to make seed crystals 106 and 107. Furthermore, an amorphous silicon film 108 is grown to cover the seed crystal, and by heat treatment, the crystal growth from that seed crystal is made. This way, the region equivalent to single-crystal silicon can be made around the seed crystal. And, by constituting a film transistor with this region as an active layer, a film transistor, which has properties equivalent to the case where single crystal silicon is used, can be obtained.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-321466

(43)公開日 平成8年(1996)12月3日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20			H 0 1 L 21/20	
21/268			21/268	Z
27/12			27/12	R
29/786			29/78	6 2 7 G
21/336				

審査請求 未請求 請求項の数32 F D (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平7-128920

(22)出願日 平成7年(1995)4月28日

(31)優先権主張番号 特願平7-86331

(32)優先日 平7(1995)3月17日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平7-88787

(32)優先日 平7(1995)3月21日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72)発明者 宮永 昭治

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72)発明者 寺本 聡

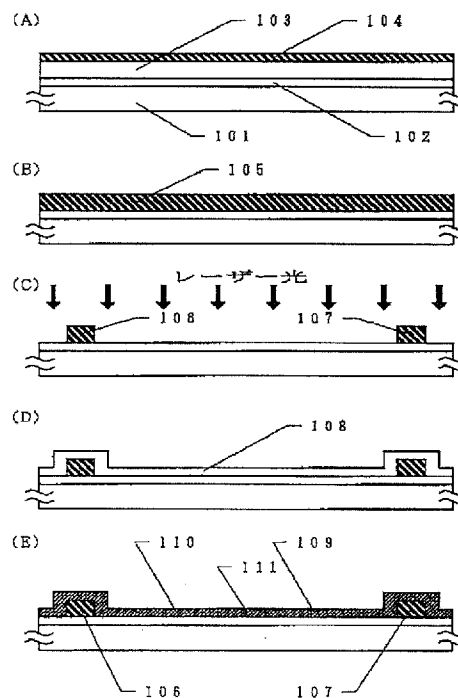
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54)【発明の名称】 半導体装置および半導体の作製方法および半導体装置の作製方法

(57)【要約】

【目的】 単結晶珪素を用いたものと同等の特性を有する薄膜トランジスタを提供する。

【構成】 ガラス基板101上に下地膜102を形成し、その上に非晶質珪素膜103を形成する。ここで、ニッケル膜104を形成し、加熱を行いニッケル元素の作用によって、非晶質珪素膜103を結晶化させる。その後パターニングを行い種結晶106、107を形成する。さらに種結晶を覆って非晶質珪素膜108を成膜し、加熱処理により当該種結晶からの結晶成長を行わす。こうして、単結晶に匹敵する領域を種結晶の周囲に形成することができる。そして、この領域を活性層として薄膜トランジスタを構成することで、単結晶珪素を利用した場合と同等な特性を有する薄膜トランジスタを得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁表面を有する基板上に第1の半導体膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の半導体膜を結晶化させる工程と、前記第1の半導体膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の半導体膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の半導体膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、を有することを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項2】 請求項1において、第1および第2の半導体膜が珪素膜であることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項3】 請求項1において、第1および第2の半導体膜が非晶質珪素膜であることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項4】 請求項1において、エネルギーの与えかたとして、加熱、レーザー光の照射、強光の照射から選ばれ1種または複数種類の方法を同時にまたは段階的に利用することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】 請求項1において、種結晶となる領域に加熱しながらのレーザー光または強光の照射を行うことを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項6】 請求項1において、第1の半導体膜は珪素膜であって、該珪素膜には珪素の結晶化を助長する金属元素が接して保持された状態でエネルギーを与えることによる結晶化が行われることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項7】 請求項1において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてニッケルが利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項8】 請求項1において、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項9】 請求項1において、基板としてガラス基板が用いられることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項10】 絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、前記第1の珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の

結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、前記第1の珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、を有することを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項11】 請求項10において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてニッケルが利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項12】 請求項10において、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項13】 絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、

前記第1の珪素膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターンニングを行い半導体装置の活性層を形成する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項14】 請求項13において、半導体装置の活性層は、結晶粒界が実質的に存在しておらず、かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を0.001～1原子%の濃度で含んでおり、かつ炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、かつ酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】 絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、パターンニングを行い第2の珪素膜を矩形状に形成する工

程と、
エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わず工程と、
少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターニングを前記第2の珪素膜に対して行い半導体装置の活性層を形成する工程と、
を有し、
前記矩形状に形成された第2の珪素膜の角の部分に前記種結晶を位置させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項16】請求項15において、矩形状に形成された第2の珪素膜の角の部分からレーザー光を走査しながら照射することにより、第2に珪素膜の結晶化を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、
エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、
前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、
エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、
前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、
パターニングを行い第2の珪素膜を多角形状に形成する工程と、
エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わず工程と、
少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターニングを前記第2の珪素膜に対して行い半導体装置の活性層を形成する工程と、
を有し、
前記多角形状に形成された第2の珪素膜の角の部分に前記種結晶を位置させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項18】請求項17において、多角形状に形成された第2の珪素膜の角の部分からレーザー光を走査しながら照射することにより、第2に珪素膜の結晶化を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項19】結晶粒界が実質的に存在しておらず、かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を0.001～1原子%の濃度で含んでおり、
かつ炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
かつ酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
かつニッケルを $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいる領域を活性層としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項20】結晶粒界が実質的に存在しておらず、かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を

0.001～1原子%の濃度で含んでおり、
かつ炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
かつ酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
かつニッケルを $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいる領域を活性層とした半導体装置を有し、
前記半導体装置は2つ1組で構成されており、
前記2つの半導体装置の間の半導体層は除去されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項21】絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、
前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、
エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、
前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、
エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わず工程と、
前記第2の珪素膜をパターニングし、前記種結晶の存在する部分を少なくとも除去する工程と、
を有し、
前記パターニングされた後の第2の珪素膜中には、水素が0.001～1atm%含まれており、かつ珪素の結晶化を助長する金属元素が 1×10^{16} 原子 $\sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれていることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項22】絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、
前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、
エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、
前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、
エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わず工程と、
前記第2の珪素膜をパターニングし、前記種結晶の存在する部分を少なくとも除去する工程と、
を有し、
前記パターニングされた後の第2の珪素膜中には、水素が0.001～1atm%含まれており、かつ珪素の結晶化を助長する金属元素が 1×10^{16} 原子 $\sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれていることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項23】請求項21または請求項22において、パターニングされた後の第2の珪素膜中には、結晶粒界が実質的に存在しておらず、
かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素が

0.001 ~ 1 原子%の濃度で含まれており、
 かつ炭素および窒素の原子が $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれており、
 かつ酸素の原子が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれており、
 かつニッケルが $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれていることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項24】 請求項21または請求項22において、エネルギーの与えかたとして、加熱、レーザー光の照射、強光の照射から選ばれ1種または複数種類の方法を同時にまたは段階的に利用することを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項25】 請求項21または請求項22において、種結晶となる領域に加熱しながらのレーザー光または強光の照射を行うことを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項26】 請求項21または請求項22において、第1の珪素膜に接して珪素の結晶化を助長する金属元素が接して保持された状態でエネルギーを与えることによる結晶化が行われることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項27】 請求項21または請求項22において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてニッケルが利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項28】 請求項21または請求項22において、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた1種または複数種類の元素が利用されることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項29】 請求項21または請求項22において、種結晶の大きさを $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ 角とすることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項30】 請求項21または請求項22において、種結晶の大きさを $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 角とすることを特徴とする半導体の作製方法。

【請求項31】 絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、
 エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、
 前記第1の珪素膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、
 エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、
 前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、
 エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、
 前記第2の珪素膜をパターンニングし、前記種結晶の存在する領域を少なくとも除去する工程と、
 前記種結晶が存在した領域を挟んで少なくとも2つ1組の半導体装置を形成する工程と、

を有し、
 前記パターンニングされた後の第2の珪素膜中には、水素が $0.001 \sim 1 \text{ atm} \%$ 含まれており、かつ珪素の結晶化を助長する金属元素が 1×10^{16} 原子 $\sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項32】 請求項31において、
 パターンニングされた後の第2の珪素膜中には、
 結晶粒界が実質的に存在しておらず、
 かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素が $0.001 \sim 1$ 原子%の濃度で含まれており、
 かつ炭素および窒素の原子が $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれており、
 かつ酸素の原子が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれており、
 かつニッケルを $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本明細書で開示する発明は、ガラス等の絶縁表面を有する基板上に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を有する結晶性珪素膜を形成する技術に関する。また、この結晶性珪素膜を用いて、薄膜トランジスタに代表される薄膜半導体デバイスを形成する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、ガラス基板や絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体膜（厚さ数百～数千Å程度）を用いて薄膜トランジスタを構成する技術が注目されている。薄膜トランジスタの応用が一般期待されているのは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置である。アクティブマトリクス型の液晶表示装置は、一對のガラス基板間に液晶を挟んで保持した構成を有している。また、数百×数百のマトリクス状に配置された画素電極のそれぞれに薄膜トランジスタを配置した構成を有している。このような構成においては、ガラス基板上に薄膜トランジスタを形成する技術が必要とされる。

【0003】 ガラス基板上に薄膜トランジスタを形成するには、ガラス基板上に薄膜トランジスタを構成するための薄膜半導体を形成する必要がある。ガラス基板上に形成される薄膜半導体としては、プラズマCVD法や減圧熱CVD法で形成される非晶質珪素膜（アモルファスシリコン膜）が一般に利用されている。

【0004】 現状においては、非晶質珪素膜を用いた薄膜トランジスタが実用化されているが、より高画質の表示を得るためには、結晶性を有した珪素半導体薄膜（結晶性珪素膜という）を利用した薄膜トランジスタが必要とされる。

【0005】 ガラス基板基上に結晶性珪素膜を成膜する

方法としては、本出願人による特開平6-232059号公報、特開平6-244103号公報に記載された技術が公知である。この公報に記載されている技術は、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することにより、ガラス基板の耐える加熱条件である550℃、4時間程度の加熱処理によって、結晶性珪素膜をガラス基板上に形成するものである。

【0006】しかし、上記技術を用いた方法によって得られる結晶性珪素膜は、各種演算回路やメモリー回路等を構成するための薄膜トランジスタに利用することはできない。これは、その結晶性が不足しており、必要とする特性が得られないからである。

【0007】アクティブマトリクス型の液晶表示装置やパッシブ型の液晶表示装置の周辺回路には、画素領域に配置された薄膜トランジスタを駆動するための駆動回路や映像信号を取り扱ったり制御する回路、各種情報を記憶する記憶回路等が必要とされる。

【0008】これらの回路の中で、映像信号を取り扱ったり制御する回路や各種情報を記憶する記憶回路には、公知の単結晶ウエハーを用いた集積回路に匹敵する性能が求められる。従って、ガラス基板上に形成される薄膜半導体を用いてこれら回路を集積化しようとする場合、単結晶に匹敵する結晶性を有した結晶性珪素膜をガラス基板上に形成する必要がある。

【0009】結晶性珪素膜の結晶性を高める方法としては、得られた結晶性珪素膜に対して、再度の加熱処理を施したり、レーザー光の照射を行ったりすることが考えられる。しかし、加熱処理やレーザー光の照射を繰り返しても、劇的な結晶性の向上は困難であることが判明している。

【0010】またSOI技術を利用することにより、単結晶珪素薄膜を得る技術も研究されているが、単結晶珪素基板を液晶表示装置に利用することはできないので、直接液晶表示装置に当該技術を利用することはできない。特に、単結晶ウエハーを用いた場合、基板面積が限定されるので、今後需要が増大されると見込まれる大面積を有する液晶表示装置には、SOI技術を利用することは困難である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本明細書で開示する発明は、絶縁表面を有する基板、特にガラス基板上に単結晶または単結晶と見なせる領域を形成し、この領域を用いて薄膜トランジスタに代表される薄膜半導体デバイスを形成することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本明細書で開示する発明の一つは、絶縁表面を有する基板上に第1の半導体膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の半導体膜を結晶化させる工程と、前記第1の半導体膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶と

なる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の半導体膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の半導体膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、を有することを特徴とする。

【0013】上記構成において、第1および第2の半導体膜としては、代表的には珪素膜が利用される。また一般的には、珪素膜はCVD法で成膜される非晶質珪素膜が利用される。

【0014】所定の結晶面を選択的に残存させるのは、より単結晶に近い結晶になるように結晶成長を行わすためである。所定の結晶面を残存させるのは、所定の結晶面に対して選択性を有するエッチング手段を利用すればよい。例えば、H₂Oを63.3wt%、KOHを23.4wt%、イソプロパノールを13.3wt%の重量混合比で混合させたエッチャントを用いることによって、(100)面を選択的に残存させることができ、結果として(100)面で覆われた種結晶を選択的に残存させることができる。

【0015】また、ヒドラジン(N₂H₄)を用いた気相中でのエッチングを行うことで、(111)面を選択的に残存させることができる。具体的には、エッチングガスとして、ClF₃とN₂H₄とを用いたドライエッチングによって、(111)面を残存させることができる。

【0016】また上記構成におけるエネルギーの与えかたとしては、加熱、レーザー光の照射、強光の照射から選ばれ1種または複数種類の方法を同時にまたは段階的に利用することができる。例えば、加熱しながらのレーザー光の照射や、加熱の後にレーザー光を照射することや、加熱とレーザー光の照射を交互に行うことや、レーザー光の照射の後に加熱を行うことができる。またレーザー光の代わりに強光を利用するのもよい。

【0017】半導体膜として珪素膜を利用し、エネルギーを与えることによって、当該珪素膜を結晶化させる場合に、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することが有用である。例えば、プラズマCVD法や減圧熱CVD法で成膜した非晶質珪素膜を加熱によって結晶化させようとする場合、600℃以上の温度で10時間以上の加熱処理が必要とされるが、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用した場合、550℃、4時間の加熱処理でそれと同等以上の結果を得ることができる。

【0018】珪素の結晶化を助長する金属元素としては、ニッケルが最もその効果が高く、有用である。また、Fe、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が利用することもできる。特に、Fe、Pd、Pt、Cu、AuはNiに次ぐ効果を得ることができる。

【0019】種結晶からの結晶成長を行わすことで、所定の領域に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶

10

20

30

40

50

と見なせる領域を形成することができる。この単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域は、下記の条件を満たしている領域として定義される。

- ・結晶粒界が実質的に存在していない。
- ・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を0.001～1原子%の濃度で含んでいる。
- ・炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
- ・酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいる。

【0020】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、前記第1の珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶方位を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、前記第1の珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、を有することを特徴とする。

【0021】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶方位を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターニングを行い半導体装置の活性層を形成する工程と、を有することを特徴とする。

【0022】上記構成においては、得られた活性層の領域が、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域となっていることが特徴である。この領域は、結晶粒界が実質的に存在しておらず、かつ点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を0.001～1原子%の濃度で含んでおり、かつ炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、かつ酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいる領域として定義される。

【0023】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを

施すことにより前記種結晶において所定の結晶方位を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、パターニングを行い第2の珪素膜を矩形状に形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターニングを前記第2の珪素膜に対して行い半導体装置の活性層を形成する工程と、を有し、前記矩形状に形成された第2の珪素膜の角の部分に前記種結晶を位置させることを特徴とする。

【0024】上記構成を利用した具体的な例を図3に示す。図3には、矩形状に形成された非晶質珪素膜302の角に部分304に種結晶303を位置させ、その部分から線状にビーム加工されたレーザー光を走査しながら照射することによって、非晶質珪素膜302を結晶化させる構成が記載されている。

【0025】図3においては、4角形に珪素膜302（非晶質珪素膜）をパターニングする例が示されているが、これは、正方形でも長方形でもよい。

【0026】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、前記第1の珪素膜に対してパターニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶方位を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、パターニングを行い第2の珪素膜を多角形状に形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、少なくとも前記種結晶が形成されている領域を除去することを含むパターニングを前記第2の珪素膜に対して行い半導体装置の活性層を形成する工程と、を有し、前記多角形状に形成された第2の珪素膜の角の部分に前記種結晶を位置させることを特徴とする。

【0027】上記構成の具体的な例を図4に示す。図4には、ホームベース型の五角形にパターニングされた非晶質珪素膜401の角の部分403に種結晶を位置させ、この403の部分から線状にビーム加工されたレーザー光を走査しながら照射することによって、非晶質珪素膜401を結晶化する構成が示されている。

【0028】図4には、珪素膜を五角形にパターニングする例が示されているが、これは、さらに角の多い多角形としてもよい。ただし、角の数が多くなると、必然的に角の角度が大きくなることになり、角から結晶化を進行させる効果が減少してしまう。

【0029】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に第1の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第1の珪素膜を結晶化させる工程と、

前記第1の珪素膜に対してパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する工程と、エッチングを施すことにより前記種結晶において所定の結晶面を選択的に残存させる工程と、前記種結晶を覆って第2の珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより前記第2の珪素膜において前記種結晶からの結晶成長を行わす工程と、前記第2の珪素膜をパターンニングし、前記種結晶の存在する部分を少なくとも除去する工程と、を有し、前記パターンニングされた後の第2の珪素膜中には、水素が0.001 ~ 1 atm %含まれており、かつ珪素の結晶化を助長する金属元素が 1×10^{16} 原子 $\sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0030】上記構成において、第1および第2の珪素膜としては、代表的にはプラズマCVD法や減圧熱CVD法で成膜された珪素膜が利用される。

【0031】所定の結晶面を選択的に残存させるのは、より単結晶に近い結晶になるように結晶成長を行わすためである。所定の結晶面を残存させるのは、所定の結晶面に対して選択性を有するエッチング手段を利用すればよい。例えば、 H_2O を63.3wt%、 KOH を23.4wt%、イソプロパノールを13.3wt%の重量混合比で混合させたエッチャントを用いることによって、(100)面を選択的に残存させることができ、結果として(100)面で覆われた種結晶を選択的に残存させることができる。これは、上記エッチャントの(100)面に対するエッチングレートが他の結晶面に比較して低いからである。

【0032】また、ヒドラジン(N_2H_4)を用いた気相中でのエッチングを行うことで、(111)面を選択的に残存させることができる。具体的には、エッチングガスとして、 ClF_3 と N_2H_4 とを用いたドライエッチングによって、(111)面を残存させることができる。これもヒドラジンの(111)面に対するエッチングレートが他の結晶面に比較して低いからである。

【0033】また上記構成におけるエネルギーの与えかたとしては、加熱、レーザー光の照射、強光の照射から選ばれ1種または複数種類の方法を同時にまたは段階的に利用することができる。例えば、加熱しながらのレーザー光の照射や、加熱の後にレーザー光を照射することや、加熱とレーザー光の照射を交互に行うことや、レーザー光の照射の後に加熱を行うことができる。またレーザー光の代わりに強光を利用するのもよい。

【0034】半導体膜として珪素膜を利用し、エネルギーを与えることによって、当該珪素膜を結晶化させる場合に、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することが有用である。例えば、プラズマCVD法や減圧熱CVD法で成膜した非晶質珪素膜を加熱によって結晶化させようとする場合、600℃以上の温度で10時間以上の加熱処理が必要とされるが、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用した場合、550℃、4時間の加熱処理でそれと同等以上の結果を得ることができる。

【0035】珪素の結晶化を助長する金属元素としては、ニッケルが最もその効果が高く、有用である。また、Fe、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が利用することもできる。特に、Fe、Pd、Pt、Cu、AuはNiに次ぐ効果を得ることができる。

【0036】種結晶からの結晶成長を行わすことで、所定の領域に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することができる。この単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域は、下記の条件を満たしている領域として定義される。

- ・結晶粒界が実質的に存在していない。
- ・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を0.001 ~ 1原子%の濃度で含んでいる。
- ・炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでおり、
- ・酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で含んでいる。

【0037】また、種結晶が存在する領域を除去することにより、上記の単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域における当該金属元素の濃度を $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} 、好ましくは $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} とすることができる。

【0038】

【作用】選択的に単結晶と見なせる又は実質的に単結晶と見なせる種結晶を形成し、しかる後に当該種結晶を覆って非晶質珪素膜を形成し、さらに加熱やレーザー光の照射によってエネルギーを与えることによって、当該種結晶から結晶成長を進行させることができる。そして、種結晶の周囲に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することができる。

【0039】この単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域は、種結晶の形成される領域を選択することにより、所望の領域に形成することができる。従って、この領域を利用して形成される薄膜半導体デバイスを、所望の領域に形成することができる。

【0040】即ち、単結晶珪素を利用したデバイスに匹敵するデバイスを所望の領域に形成することができる。また、珪素の結晶化を助長する金属元素の作用やレーザー光や強光の照射を利用することにより、加熱に弱いガラス基板を利用することができる。

【0041】一つの単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域をパターンニングすることによって得た複数の半導体領域は、それぞれ同じ結晶軸とその周りの回転角とを共有している。ここで結晶軸というのは、図9において、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域の平面903に対して垂直な方向の結晶軸901のことをいう。

【0042】この結晶軸の方向の出発膜の成膜方法や結晶化方法、さらにはその方法によって異なるものとする

ことができる。具体的には、 $\langle 111 \rangle$ 軸方向や $\langle 100 \rangle$ 軸方向といった値を採ることになる。

【0043】結晶軸の周りの回転角というのは、図9で示す902で示される角度のことをいう。この角度は任意の方向を基準にして計測される相対的な角度である。

【0044】同一の単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域においては、その領域内において、結晶軸とその周りの回転角とは同じ、または実質的に同じである。

【0045】ここで、結晶軸は同一または実質的に同一というのは、そのぶれの角度が $\pm 10^\circ$ の範囲内に入るものとして定義する。また回転角が同一または実質的に同一というのは、そのぶれの角度が $\pm 10^\circ$ の範囲内に入るものとして定義する。

【0046】従って、同一の単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域をパターンニングすることにより、複数の半導体領域を形成し、その領域を用いて複数の薄膜トランジスタを形成した場合、それらの活性層の結晶軸は同一なものとなる。また結晶軸の周りの角度も同じものとなる。

【0047】そしてこのことを利用することにより、同一の結晶軸とその周りの角度を共有した単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を利用した薄膜トランジスタを複数組を1つの群として形成することができる。例えば、Pチャネル型とNチャネル型の薄膜トランジスタを組み合わせることによって構成されるCMOS回路やインバータ回路を、同一の結晶軸とその周りの角度を共有した単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域でもって構成することができる。

【0048】

【実施例】

【実施例1】本実施例においては、ガラス基板上にまず、結晶性珪素膜を形成し、この結晶性珪素膜にパターンニングを施すことにより、種結晶となる領域を形成する。そして、非晶質珪素膜を成膜し、加熱処理を施すことにより、この種結晶性を種とした結晶成長を行わせ、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成する。

【0049】以下、図1に従って、本実施例に示す結晶性珪素膜の作製工程を示す。まず、ガラス基板101上に下地膜となる酸化珪素膜102をプラズマCVD法またはスパッタ法によって3000Åの厚さに成膜する。この酸化珪素膜は、ガラス基板からの可動イオンが半導体膜側へ進入することや、その他不純物の半導体側への拡散を防ぐためのバリア膜として機能する。

【0050】次にプラズマCVD法または減圧熱CVD法によって、非晶質珪素膜を1000Åの厚さに成膜する。さらにこの非晶質珪素膜の表面にニッケル膜104を蒸着法またはスパッタ法によって成膜する。このニッ

ケル膜の厚さは200Åとする。

【0051】ニッケル膜を成膜したら、300℃～500℃、ここでは450℃の温度で1時間の加熱処理を行い、ニッケル膜104と非晶質珪素膜103との界面にニッケルシリサイド層を成膜する。この加熱処理は、ニッケルシリサイド層を成膜するためのものであるので、非晶質珪素膜103が結晶化しない500℃以下の温度で1～2時間程度の時間をかけて行う。(図1(A))

【0052】また、加熱処理の代わりにレーザー光の照射を行うことにより、ニッケルシリサイド層を形成してもよい。また加熱とレーザー光の照射を併用することによって、ニッケルシリサイド層を形成するのでもよい。

【0053】ニッケル膜104と非晶質珪素膜103との界面にニッケルシリサイド層が形成されたら、非晶質珪素膜103を結晶化させるための加熱処理を行う。この加熱処理は、550℃、4時間の条件で行う。この加熱処理条件は、ガラス基板の耐熱温度によって、その上限が決まる。なお、500℃程度の温度でも結晶化は可能であるが、処理時間が10時間以上となってしまうので生産性が悪くなる。

【0054】また加熱処理の代わりにレーザー光または強光の照射によって非晶質珪素膜103の結晶化を行ってもよい。また、レーザー光または強光の照射と加熱を併用することはより効果的である。また、レーザー光の照射後に加熱を行うことも効果的である。また、レーザー光の照射と加熱を交互に繰り返すことも効果的である。

【0055】上記加熱処理による結晶化は、ニッケルシリサイド層のニッケルシリサイド成分が結晶核となて行われる。このような方法を採用した場合、得られた結晶性珪素膜中のニッケル濃度が非常に高く(10²⁰原子/cm³程度以上となってしまう)、そのままでは、半導体デバイスに利用することはできない。しかし、その結晶性は極めて高いものとしてすることができる。

【0056】加熱処理による結晶化が終了したら、FPMを用いてエッチングを行い、ニッケル膜とニッケルシリサイドを選択的に取り除く。FPMは、フッ酸に過水を加えたもので、珪素中に含まれる不純物を選択的に取り除く作用を有する。この場合、ニッケル膜およびニッケルシリサイド層を選択的に取り除くことができる。また得られた結晶性珪素膜のニッケル成分を取り除くことができる。

【0057】こうして結晶性珪素膜105を得る。この結晶性珪素膜は、その結晶性が優れたものであるが、内部のニッケル濃度が高いので、そのままでは、半導体装置に利用することはできない。(図1(B))

【0058】次にパターンニングを行い、結晶成長の種(以下種結晶という)となる島状の領域106と107を形成する。この島状の領域は0.1μm～数十μm角の大きさとする。このパターンニングの大きさは、0.1～5

μm 角、好ましくは $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 角とすることが必要である。これは、種結晶の単結晶性を得るためである。この状態において、さらにFPM（フッ酸に過水を加えたエッチャント）により、エッチングを行い、種結晶の表面に露呈しているニッケル成分を除去する。

【0059】そして、この島状の領域106と107に対してレーザー光を照射することにより、この島状の領域の結晶性を高める。この際、この島状の領域は微小な領域であるので、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に変成することができる。こうして種結晶106と107とを得ることができる。（図1（C））

【0060】このレーザーの照射の際、被照射領域を $450^\circ\text{C} \sim$ ガラス基板の歪点の範囲の温度で加熱することが重要である。この加熱の温度は高い程、効果が大きい。が、ガラス基板の耐熱性を考慮すると、使用するガラス基板の歪点以下とすることが必要である。なお、基板として石英基板や半導体基板等の耐熱性を有するものを用いた場合は、 $800^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 程度の高温で加熱してもよい。また、加熱の方法としては、ヒータによる方法、赤外光やその他強光の照射による方法を採用すればよい。

【0061】次に化学的なエッチングを行い、種結晶106と107とにおいて、特定の方位を有する結晶面を残存させる。例えば、 H_2O を63.3wt%、 KOH を23.4wt%、イソプロパノールを13.3wt%の重量混合比で混合させたエッチャントを用いることによって、（100）面を選択的に残存させることができ、結果として（100）面で覆われた種結晶を選択的に残存させることができる。

【0062】また、ヒドラジン（ N_2H_4 ）を用いた気相中でのエッチングを行うことで、（111）面を選択的に残存させることができる。具体的には、エッチングガスとして、 ClF_3 と N_2H_4 とを用いたドライエッチングによって、（111）面を残存させることができる。すなわち、ヒドラジンは（100）面でのエッチング速度が最も大きく、それに比較して（111）面に対するエッチング速度が極めて小さい。また他の結晶面に対するエッチングレートも（111）面に対して大きい。従って、ヒドラジンを用いたエッチングを行うことで、（111）面を選択的に残存させることができる。

【0063】このようにして得られた種結晶は、ニッケル成分を極力除去してあり（しかし、半導体装置にとては、悪影響のある濃度レベルでニッケルは存在している）、また単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域で構成されているので、後の結晶成長において、結晶成長の核として機能させることができる。

【0064】次に種結晶を覆って全面に非晶質珪素膜108を 300\AA の厚さに成膜する。この非晶質珪素膜の成膜は、プラズマCVD法または減圧熱CVD法によつ

て行う。特にステップカバレッジの点を考慮すると、減圧熱CVD法を用いることが好ましい。そして、加熱処理を施すことにより、非晶質珪素膜108を結晶化させる。ここでは、 600°C 、8時間の加熱処理を施すことにより、非晶質珪素膜108を結晶化させる。

【0065】この工程においては、種結晶である106と107を核として、結晶成長が進行する。こうして、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域108と109とが形成される。この結晶成長においては、種結晶106と107の露呈している結晶面が成長していく。例えば、種結晶において（100）面を選択的に残存させた場合は、領域110と109の上面が（100）面を有したものとなる。

【0066】結晶成長は、種結晶106と107の周囲に向かって進行していく。そして、種結晶106からの結晶成長と種結晶107からの結晶成長とがぶつかり合う所で、結晶粒界110が形成される。

【0067】結晶成長が終了した段階の状態を上面から見た様子を図2に示す。図2に示されているのは、2つの種結晶106と107から結晶成長が進行する様子が示されている。図2のA-A'で切った断面が図1（E）に示す状態に相当する。

【0068】図1や図2の109や110で示される単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域は、半径数十 μm ～数百 μm 程度以上の大きさのものを得ることができる。

【0069】ここで重要なのは、種結晶を形成する位置を制御することにより、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成する場所を任意に制御することができるということである。

【0070】最後に種結晶106と107の部分のエッチングによって取り除く。こうして、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域をガラス基板上に形成する工程が終了する。この後は、公知のプロセスに従って、各種薄膜半導体装置を形成すればよい。

【0071】本実施例に示すような構成を採用した場合、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を、ガラス基板上の任意の場所に形成することができる。

【0072】また、種結晶と見なせる領域を取り除いた後（パターニングされた後）の単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域における、ニッケル元素の濃度は、 1×10^{16} 原子 $\sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} 、さらに好ましくは、 1×10^{16} 原子 $\sim 5 \times 10^{18}$ 原子 cm^{-3} とすることができる。そして、この領域を用いることで、ニッケルの影響の少ない薄膜半導体デバイスを実現することができる。

【0073】〔実施例2〕本実施例は、図3に示すように矩形状に形成された非晶質珪素膜302の角の部分304から線状のレーザー光を操作しながら照射すること

によって、矢印305で示されるような方向に結晶成長を行わすことを特徴とする。

【0074】この場合、矩形状に加工された非晶質珪素膜302の角の部分304には、種結晶303が形成されている。このような状態を実現するには、まず、ガラス基板上300上に実施例1に示した方法により、種結晶303を形成し、さらに非晶質珪素膜を成膜する。そして、矩形状になるように非晶質珪素膜をパターニングすることによって、図3に示すような状態を得る。

【0075】図3に示すような状態でレーザー光の照射を行なった場合、結晶成長が徐々にその面積が大きくなってゆく方向に向かって進行するので、矩形状の非晶質珪素膜302を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に変成することができる。

【0076】図3においては、記載を簡単にするため、非晶質珪素膜302は一つしか示されていないが、その数は、必要とする数で設ければよい。しかし、その方向をそろえることは重要である。

【0077】単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に得たら、パターニングを行い、薄膜トランジスタの活性層を形成すればよい。この際、種結晶303の部分は取り除くことが重要である。例えば、矩形状にパターニングされた302で示される非晶質珪素膜の大きさを、必要とする薄膜トランジスタの活性層より数十%~数百%の大きさとし、結晶化の終了後にパターニングすることにより、活性層とすればよい。

【0078】〔実施例3〕本実施例は、図4に示すような形状に加工された非晶質珪素膜401に対して、その角の部分403から線状のレーザー光402を走査しながら照射することによって、非晶質珪素膜401を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に変成することを特徴とする。図4に示す状態においては、結晶成長が始まる始点の部分403の部分に種結晶404が形成されている。種結晶404の形成の仕方は、実施例1に示した方法によればよい。

【0079】図4に示すような状態でレーザー光を走査しながら照射すると、結晶化が徐々に面積が広がっていく方向で進行するので、最終的に非晶質珪素膜401全体を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に変成することができる。

【0080】単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を得たら、パターニングを行い、例えば薄膜トランジスタの活性層を形成すればよい。この際、種結晶404の部分は取り除くことが重要である。

【0081】〔実施例4〕本実施例では、実施例1に示した方法を応用して、Pチャネル型の薄膜トランジスタとNチャネル型の薄膜トランジスタとを相補型に構成した回路を形成する例を示す。

【0082】まず、実施例1に示した方法により、図5(A)に示す状態を得る。図5(A)に示す状態は、図

1(E)に示す状態と同じである。図5(A)に示す状態を得たら、パターニングを行い、薄膜トランジスタの活性層501と502を形成する。このパターニング工程において、種結晶106と107、さらには結晶粒界110の領域を取り除く。これは、種結晶の領域は、結晶化工程において利用したニッケル元素が高濃度に存在しており、また結晶粒界には不純物が偏析しているからである。

【0083】こうして得られた単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域501と502の内部におけるニッケル元素の濃度は、 5×10^{18} 原子/cm³以下であり、ニッケル原子の存在は特に問題とならない。

【0084】本実施例においては、501で示される領域がNチャネル型の薄膜トランジスタの活性層となる。また、502で示される領域がPチャネル型の薄膜トランジスタの活性層となる。次にゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜503を1000Åの厚さに成膜する。さらにリンを多量にドーパントしたN型の微結晶珪素膜を減圧熱CVD法で成膜し、パターニングを施すことにより、ゲイト電極504と505が形成される。(図5(C))

【0085】さらにこの状態でそれぞれの薄膜トランジスタの領域をレジストマスクで覆った状態において、リンおよびボロンのイオンを交互に打ち込み、Nチャネル型の薄膜トランジスタ(TFT)のソース領域506とドレイン領域508とチャネル形成領域507とが自己整合的に形成される。また、Pチャネル型の薄膜トランジスタのソース領域511とドレイン領域509とチャネル形成領域510とが自己整合的に形成される。(図5(C))

【0086】次に層間絶縁膜として酸化珪素膜512をプラズマCVD法で6000Åの厚さに成膜する。さらにコンタクトホール形成を行い、チタン膜とアルミ膜との2層膜でもって、ソース電極513と516、さらにドレイン電極514と515とを形成する。ここで、ドレイン電極514と515とは接続されており、CMOS構造を構成している。こうして、図5(D)に示すようなNチャネル型の薄膜トランジスタとPチャネル型の薄膜トランジスタとを相補型に構成した状態を得る。

【0087】本実施例に示す構成を採用した場合、各薄膜トランジスタの活性層を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域で構成することができるので、単結晶珪素ウエハーを利用して構成されたトランジスタと同等の特性を得ることができる。そして、単結晶珪素を利用したトランジスタで構成された集積回路を構成することができる。

【0088】〔実施例5〕本実施例は、図1に示した工程を変形したものである。本実施例においては、図1(D)に示す工程において、非晶質珪素膜108の表面

全体にニッケル元素を接して保持させた状態とし、しかる後に加熱処理を行うことにより、非晶質珪素膜108を結晶化させることを特徴とする。

【0089】結晶化助長用の金属触媒を用いて固相結晶化を行うためには、いくつかの方法がある。その一つである、金属触媒 (Ni, Fe, Ru, Rh, Pd, Pt, Os, Ir, Pt, Cu, Au等) の被膜を、スパッタ法、電子ビーム蒸着法等で成膜する「物理的形成」の場合、金属被膜の平均厚さが5~200Å、例えば10~50Åあっても、その触媒は、島状に被形成面に形成されやすい。すなわち、金属触媒が微小粒となり、その平均直径は50~200Åとなり、それが点在しやすい。また、そのとき微小粒間の距離も、100~1000Å程互いに離れる。すなわち、不均質層 (discontinuous layer) を形成してしまい、均一なcontinuous film が形成されにくいことがあった。この金属島が結晶化の核 (nucleus) を形成し、ここから絶縁基板上のアモルファスシリコン膜の結晶成長を、450~600℃の熱処理で行わせる。

【0090】しかし、この技術では、結晶化が、かかる触媒を用いることなしに行う場合に比べて、温度を50~100℃は下げることができるが、結晶化された被膜を注意深く観察すると、アモルファス成分が非常に多く残り、かつその部分は金属の性質を有する金属領域であることが判明した。おそらく金属核がそのまま残ってしまっていると推定される。この金属領域は、結晶化した半導体領域中では、電子およびホール再結合中心として働き、半導体装置、特に、PI、NI接合を有する半導体装置に対し、逆バイアス電圧を加えるとき、PI、NI接合を有する半導体装置の領域にほぼ必ず存在する、金属領域により、リーク電流の増加という、極めて悪質な特性を有する。例えばチャネル長/チャネル幅=8μm/8μmの薄膜型のTFTを構成させると、オフ電流が本来 10^{-12} A程度であるべきものが、 10^{-10} ~ 10^{-6} Aと、 10^2 ~ 10^6 倍も大きくなってしまふ。

【0091】かかる欠点を除去するために、本実施例においては、金属触媒被膜の形成方法として、「化学的形成」方法を提供する。これは、溶液 (水、イソプロピルアルコール等) に、1~1000ppm代表的には10~100ppmの濃度で希釈した金属化合物を用いるものである。特に有機金属化合物を用いるものである。以下に、化学的形成方法に利用できる金属化合物の例を示す。

【0092】(1) 触媒元素としてNiを利用する場合ニッケル化合物として、臭化ニッケル、酢酸ニッケル、蓚酸ニッケル、炭酸ニッケル、塩化ニッケル、沃化ニッケル、硝酸ニッケル、硫酸ニッケル、蟻酸ニッケル、酸化ニッケル、水酸化ニッケル、ニッケルアセチルアセトネート、4-シクロヘキシル酪酸ニッケル、2-エチル

ヘキサン酸ニッケルから選ばれた、少なくとも1種類を用いることができる。また、Niを、無極性溶媒である、ベンゼン、トルエンキシレン、四塩化炭素、クロロホルム、エーテル、トリクロロエチレン、フロンから選ばれた少なくとも1つと、混合してもよい。

【0093】(2) 触媒元素としてFe (鉄) を用いる場合

鉄塩として知られている材料、例えば臭化第1鉄 (FeBr₂·6H₂O)、臭化第2鉄 (FeBr₃·6H₂O)、酢酸第2鉄 (Fe(C₂H₃O₂)₃·xH₂O)、塩化第1鉄 (FeCl₂·4H₂O)、塩化第2鉄 (FeCl₃·6H₂O)、フッ化第2鉄 (FeF₃·3H₂O)、硝酸第2鉄 (Fe(NO₃)₃·9H₂O)、リン酸第1鉄 (Fe₃(PO₄)₂·8H₂O)、リン酸第2鉄 (FePO₄·2H₂O) から選ばれたものを用いることができる。

【0094】(3) 触媒元素としてCo (コバルト) を用いる場合

その化合物としてコバルト塩として知られている材料、例えば臭化コバルト (CoBr₂·6H₂O)、酢酸コバルト (Co(C₂H₃O₂)₂·4H₂O)、塩化コバルト (CoCl₂·6H₂O)、フッ化コバルト (CoF₂·xH₂O)、硝酸コバルト (Co(NO₃)₂·6H₂O) から選ばれたものを用いることができる。

【0095】(4) 触媒元素としてRu (ルテニウム) を用いる場合

その化合物としてルテニウム塩として知られている材料、例えば塩化ルテニウム (RuCl₃·H₂O) を用いることができる。

【0096】(5) 触媒元素としてRh (ロジウム) を用いる場合

その化合物としてロジウム塩として知られている材料、例えば塩化ロジウム (RhCl₃·3H₂O) を用いることができる。

【0097】(6) 触媒元素としてPd (パラジウム) を用いる場合

その化合物としてパラジウム塩として知られている材料、例えば塩化パラジウム (PdCl₂·2H₂O) を用いることができる。

【0098】(7) 触媒元素としてOs (オスニウム) を用いる場合

その化合物としてオスニウム塩として知られている材料、例えば塩化オスニウム (OsCl₃) を用いることができる。

【0099】(8) 触媒元素としてIr (イリジウム) を用いる場合

その化合物としてイリジウム塩として知られている材料、例えば三塩化イリジウム (IrCl₃·3H₂O)、四塩化イリジウム (IrCl₄) から選ばれた材料を用いることができる。

【0100】(9) 触媒元素としてPt (白金) を用いる場合

その化合物として白金塩として知られている材料、例えば塩化第二白金 ($\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) を用いることができる。

【0101】(10) 触媒元素としてCu (銅) を用いる場合

その化合物として酢酸第二銅 ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)、塩化第二銅 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、硝酸第二銅 ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) から選ばれた材料を用いることができる。

【0102】(11) 触媒元素として金を用いる場合
その化合物として三塩化金 ($\text{AuCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)、塩化金塩 ($\text{AuHCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、テトラクロロ金ナトリウム ($\text{AuNaCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) から選ばれた材料を用いることができる。

【0103】これらは、溶液中では十分にそれぞれを単分子に分散させることができる。この溶液を、触媒が添加される被形成面上に滴下し、50~500回転/分 (RPM) の回転速度で回転させてスピコートすると、この溶液を被形成面全体に広げることができる。この時、シリコン半導体の被形成表面との均一な濡れ性を助長させるため、シリコン半導体表面に5~100Åの厚さの酸化珪素膜を形成しておく、液体の表面張力によって、溶液が被形成面上に斑状に点在してしまうことを十分に防ぐことができる。

【0104】また、液体に海面活性剤を添加すると、酸化珪素膜のないシリコン半導体上でも均一な濡れのよい状態を呈することができる。

【0105】これらの方法は、金属触媒を酸化膜を通じて半導体中へ原子状に拡散させることができ、特に、結晶核 (粒状) を積極的に作らずに拡散させ、結晶化をさせることができ好ましいものである。

【0106】また、有機金属化合物を均一にコートし、それに対し、オゾン (酸素中紫外線 (UV)) 処理をし、金属の酸化膜とし、この金属酸化膜を結晶化の出発状態とするのもよい。かくすると、有機物は酸化して、炭酸ガスとして気化除去できるため、さらに均一な固相成長をさせることができる。

【0107】また、低速回転のみでスピコートをする、その表面に存在する溶液中の金属成分は、固相成長にとって必要以上の量が半導体膜上に供給されやすい。このため、この低速回転の後、1000~10000回転/分、代表的には2000~5000回転/分で基板を回転させる。すると、過剰な有機金属はすべて基板表面の外に振り切り除去することができ、かつ表面を十分に乾燥させることができる。また、表面に存在させる有機金属の量の定量化にも有効である。

【0108】かかる化学形成方法は、半導体表面上に結晶化のための金属粒子による核を作らずに、均一な層

(continuous layer) を形成させることができる。物理的形成は、unhomogeneous-layer となりやすいが、化学的形成は、極めて容易にhomogeneous-layer となる。かかる技術思想を用いると、450~650℃での熱結晶化を行なう際、全表面にわたって極めて均一な結晶成長をさせることができる。

【0109】その結果、この化学的形成方法により結晶化をさせた半導体膜を用いて形成した、P-I、N-I接合を有する半導体に対し、逆バイアス電圧を加えても、そのリークは 10^{-12} Aのレベルに大部分を成就させることができる。物理的な形成方法では、リーク電流は、例えばP-I接合100個中、90~100個が 10^{-10} ~ 10^{-5} Aのリークとなってしまうことがあり、N-I接合でも100個中、50~70個が 10^{-12} ~ 10^{-6} Aの大きなリーク電流となってしまうことがある。他方、「化学的形成方法」では、リーク電流は、P-I接合100個中、5~20個が 10^{-13} ~ 10^{-8} A、N-I接合では100個中、0~2個が 10^{-13} ~ 10^{-8} Aとすることができ、オフ電流を下げ、かつリーク大の膜を減少させ、特性の改善はきわめて著しい。

【0110】また、絶縁表面上にかかる半導体膜を形成して、TFTを形成した場合、TFTがPチャネルTFT (PIP)、NチャネルTFT (NIN) 型でも同様の著しい優れた効果を有せしめることができる。さらに、このオフ電流値を、物理的形成方法に比べて、リークが大きいTFTの存在確率を約1~2桁も下げうる。しかし、もしこのTFTを用いて薄膜集積回路とするには、このリーク電流の大きいTFTの存在する確率を、さらに $1/10^3$ ~ $1/10^9$ とすることが求められる。

【0111】また、前述した化学的形成方法により触媒金属を添加した熱結晶化の後、248nmまたは308nmのレーザ光をその表面に250~400mJ/cm²の強さで照射すると、このレーザ光に対し、金属成分の多い領域では特に、結晶化したシリコン膜に比べて、光の吸収が大きい。すなわち、金属等すなわちアモルファス構造として残る領域は、光学的には黒くなるためである。一方結晶成分は透明である。このため、レーザ光照射でこのわずかに残るアモルファス成分を選択的に溶解させ、金属成分を分散させて再結晶化をさせることができ、その領域に存在する金属を、原子レベル単位に分散させることができる。すると、この出来上がった被膜中では、金属領域の存在確率をさらに減少させることができ、金属領域が電子・ホール再結合中心となって生じるリーク電流の増大を解消し、結果としてTFTのN-I接合、P-I接合でのオフ電流を、 10^{-13} ~ 10^{-12} Aと、約1~2桁も下げ、かつTFTの数が 10^4 ~ 10^8 個中、リーク電流大のTFTを1~3個とすることもできる。

【0112】このようにして、逆方向リーク電流すなわちIoffが2桁下がり、リーク大のTFTの存在確率

を最大で2桁も下げうるが、それでも存在するTFITのリーク大の原因は、半導体表面上にゴミが付着しそこに有機金属が集中してしまうためとも推定され、それらの特性の向上は、実験装置の性能向上で、確認できるものである。また、物理形成方法で、熱結晶化したものに対して、レーザー光を照射する実験を試みると、そもそも出発膜中の金属粒が大きくなりすぎるため、レーザー照射をして半導体を溶融させ、再結晶化しても、P-I, N-I接合における逆バイアス印加時のオフ電流は、全く減少させることができないこともあった。以上のことから、物理的な金属触媒のdiscontinuous layerの形成と、それに伴う熱結晶化方法に比較して、化学的な金属触媒のcontinuous layerの形成と、それに伴う熱結晶化方法、およびそれを用いて形成された半導体装置は、より優れた効果を得やすい。

【0113】化学的方法として、液体を用いるのではなく、金属化合物、特に有機金属化合物の気体をCVD法で被形成面上に形成する方法もある。この方法は、流体を用いた場合と同様に、オフ電流の低減、リーク電流の大きなTFITの存在確率の低減に著しい効果がある。また、物理的形成方法が、金属核を用いた不均一な「非等方結晶成長方法」となりやすいが、化学的形成方法は、均一な金属触媒を用いた「等方性成長」の均一な結晶成長を得やすいといえることができる。また、この化学的方法は、結晶成長を基板表面に対し横方向にさせる方法と、基板表面に垂直に、半導体下側から上方面、また、上側から下方面に成長させて半導体の良好な電気特性を得ることができる。

【0114】非晶質珪素膜108の表面にニッケル元素を接して保持させるには、上述したように、ニッケル元素を含んだ溶液を非晶質珪素膜の表面に塗布し、余分な溶液をスピナーによって除去した状態とすればよい。ここでは溶液としては、ニッケル酢酸塩溶液を用いる。

【0115】本実施例に示すような構成を採用した場合、結晶化に必要とされる温度を下げることができ、またその時間を短縮することができる。具体的には、実施例1に示す構成においては、非晶質珪素膜108を結晶化させるのに、600℃の加熱雰囲気中において8時間以上の加熱処理が必要であるが、ニッケル元素を利用した場合には、550℃、4時間の加熱処理条件で非晶質珪素膜108の結晶化を行うことができる。

【0116】しかし、本実施例に示す構成を採用した場合、得られた単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域中における当該金属元素の濃度が高くなってしまう。従って、導入される当該金属元素の濃度に注意しないと、得られるデバイスの特性に当該金属元素の影響が現れてしまう。

【0117】具体的には、最終的に残留する当該金属元素の濃度を 1×10^{19} 原子 cm^{-3} 以下となるようにする必要がある。この濃度の調整は、例えばニッケル酢酸塩

溶液を用いた場合、溶液中のニッケル濃度を調整することで行うことができる。なお、結晶化に際して珪素膜中に残留する金属元素濃度が 1×10^{16} 原子 cm^{-3} 以下であると、結晶化の助長作用を得ることができない。従って、当該金属元素は、珪素膜中において 1×10^{16} 原子 $\text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子 cm^{-3} の濃度で存在するように、その導入量を調整することが必要となる。

【0118】〔実施例6〕本実施例では、(100)面の面方位を有する種結晶を用いて、その上表面の面方位が(100)面を有する単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を得る例を示す。

【0119】図6に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成した状態を示す。図6において、62が種結晶である。そして61が、種結晶62からの結晶成長によって得られた単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域である。また、図6(A)のA-A'で切った断面が図6(B)である。

【0120】図6に示す単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域61は概略六角形を有したものと得られる。

【0121】図6に示す状態を得る作製工程を以下に示す。まずガラス基板上に下地膜(図示せず)として酸化珪素膜を成膜し、さらに非晶質珪素膜(図示せず)を成膜する。そして、この非晶質珪素膜を実施例1に示した方法と同様の方法によって、結晶化させる。即ち、珪素の結晶化を助長する金属元素であるニッケルシリサイドをまず非晶質珪素膜上に成膜し、さらに加熱処理を施すことにより、非晶質珪素膜を結晶化させ、さらにパターニングを施すことにより、種結晶62の基を形成する。そして450℃～600℃(この温度の上限はガラス基板の歪点で決まる)に加熱しながらのレーザー光の照射を行い種結晶62を得る。

【0122】次に種結晶を覆う状態で非晶質珪素膜を成膜し、所定の加熱処理を加えることにより、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域61を得ることができる。この状態を図6(A)と図6(B)に示す。

【0123】次に種結晶62の部分と不要な部分とを除去し、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域となる活性層64と66を得る。ここで、種結晶62は、実施例1に示すように珪素の結晶化を助長する金属元素(ここではニッケル)を高濃度に含有している。従って、上記のパターニングを行うことで、後々にニッケル元素の影響で作製されるデバイスの特性が変動したり劣化したりすることを防止することができる。こうして、図6(C)に示す状態を得ることができる。

【0124】このようにすることで、図6(A)に63、64、65、66で示されるように、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域となる活

性層を得ることができる。後はこの活性層を利用して薄膜トランジスタを作製すればよい。

【0125】〔実施例7〕本実施例に示すのは、周辺回路をも集積化した構成を有するアクティブマトリクス型の液晶表示装置に本明細書で開示する発明を利用する場合の例を示す。図7に本実施例の概略の構成を示す。

【0126】図7(A)に示すには、ガラス基板801上に形成された周辺回路702と703、さらに周辺回路によって駆動されるマトリクス状に配置された画素領域704である。液晶表示装置を構成するには、対向電極が形成された対になるガラス基板を用意し、図7

(A)に示す基板と張り合わせ、その間に液晶を封入することによって液晶ディスプレイとする。

【0127】図7(A)に示す構成においては、周辺回路を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域で構成された薄膜トランジスタで構成し、画素領域には非晶質珪素膜を用いた薄膜トランジスタを配置した構成に関する。画素領域に配置する薄膜トランジスタを非晶質珪素膜を用いたものとするのは、画素電極への電荷の出入りを制御するためのトランジスタの性能としては、非晶質珪素膜を用いたものでも十分に実用性が得られるためである。特に、現状において多用されているTN型の液晶の場合は、単結晶に匹敵する結晶性を有する珪素薄膜で構成された薄膜トランジスタでは、液晶の応答速度に比較して、トランジスタの動作速度が速すぎ、動作の安定性を欠いてしまう。従って、高速動作が可能な周辺回路を単結晶珪素を用いた薄膜トランジスタに匹敵する薄膜トランジスタで構成し、画素領域に配置される薄膜トランジスタを非晶質珪素膜で構成することは実用性の点では高いものとなる。

【0128】図7(A)に示される周辺回路703の一部を拡大した図面を(B)に示す。図面の(B)に示されているのは、周辺回路の一部を構成するインバータ回路である。実際には、このようなインバータ回路やその他必要とする構成でもって複雑な集積回路が構成される。なお、ここでのいう周辺回路とは、画素領域に配置された薄膜トランジスタを駆動するための回路やシフトレジスタ回路、さらには各種制御回路や映像信号を扱う回路等の中で、それらの少なくとも一つを含む回路のことをいう。

【0129】図7(B)において、705で示されるのが、種結晶であり、この種結晶が基となって、708で示される単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域が形成される。なお、薄膜トランジスタが形成される段階で、単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域708は、必要とするパターンでパターンニングされており、種結晶705は取り除かれた状態となっている。

【0130】図7(B)には、単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域708を利用して、

Nチャネル型の薄膜トランジスタ717とPチャネル型の薄膜トランジスタ718とを構成し、さらにこれら薄膜トランジスタでもって、インバータ回路が構成されている例が示されている。

【0131】ここでは、単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域中に、Nチャネル型の薄膜トランジスタとPチャネル型の薄膜トランジスタとの2つの薄膜トランジスタを形成する例が示されている。しかし、単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域中に形成する薄膜トランジスタは、必要とする数でまた可能な数でもって形成すればよい。

【0132】以下に図7に示す構成を作製するプロセスを図8を用いて説明する。図8に示すのは、周辺領域に形成されるインバータ回路と画素領域に形成される画素電極に接続された薄膜トランジスタの作製工程である。本実施例においては、周辺領域を構成する薄膜トランジスタを単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を利用して構成する。また、画素領域に配置する薄膜トランジスタは、非晶質珪素膜を用いたもので構成する。

【0133】まず、ガラス基板801上に下地の酸化珪素膜802を3000Åの厚さに成膜する。このガラス基板801は、液晶表示装置を構成する一対のガラス基板の一方を構成する。次に実施例1に示した方法により、種結晶803を形成する。さらに非晶質珪素膜804を500Åの厚さに成膜する。(図8(A))

【0134】次に加熱処理とレーザー光の照射を併用することにより、種結晶803の周囲に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成する。ここでは、数cm角のエキシマレーザー光を用いて、周辺回路の領域のみにレーザー光を照射する。またこのレーザー光の照射に際しては、加熱の温度を600℃とする。600℃の温度で短時間(レーザー光の照射は数秒間である)の加熱を行っても、非晶質珪素膜は結晶化しないので、画素領域における非晶質珪素膜804は結晶化しない。この加熱の温度は、ガラス基板にダメージがない範囲でなるべく高い温度するのがよい。また、ここでは、短時間に珪素膜を加熱するために、赤外光の照射による加熱方法を利用する。

【0135】こうして、図8(A)の805の斜線で示される領域を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域に変成することができる。またこの状態においては、斜線805以外の領域は非晶質珪素膜のままの状態となっている。

【0136】次にパターンニングを行うことによって、周辺回路に配置される薄膜トランジスタの活性層806と807を形成する。同時に画素電極に接続される薄膜トランジスタの活性層808を形成する。この状態において、活性層806と807とは、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域で構成されてい

る。また、活性層808は非晶質珪素膜で構成されている。

【0137】次にゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜809を1000Åの厚さに成膜する。そしてスカンジウムを0.2wt%含有したアルミニウム膜をスパッタ法または電子ビーム蒸着法により、6000Åの厚さに成膜し、パターニングを施すことにより、ゲイト電極810と811と812を形成する。さらに電解溶液中において、これらゲイト電極を陽極とした陽極酸化を行うことにより、ゲイト電極の周囲に陽極酸化膜を形成する。こうして図8(B)に示す状態を得る。

【0138】まず、レジストマスク800でNチャネル型の薄膜トランジスタを形成したい領域をマスクし、珪素にP型を付与する不純物であるB(ボロン)イオンの注入を行う。イオンの注入は、イオン注入法またはプラズマドーピング法を用いて行う。さらに、Pチャネル型の薄膜トランジスタとしたい領域をレジストマスク(図示せず)で覆い、Pリオンを注入する。これらイオン注入工程の終了後にレーザー光の照射(図示せず)を行うことにより、注入されたイオンの活性化とイオンの注入に伴う損傷のアニールを行う。

【0139】こうして、図8(C)に示すように、Pチャネル型の薄膜トランジスタ(PTFT)のソース領域813とドレイン領域815、さらにはチャネル形成領域814が形成される。また、Nチャネル型の薄膜トランジスタ(NTFT)のソース領域818とドレイン領域816とチャネル形成領域817とが形成される。この2つの薄膜トランジスタは、周辺回路に配置されるもので、その活性層が単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域(C-Si)で構成されている。

【0140】また、画素領域に配置される薄膜トランジスタのソース領域819、ドレイン領域821、チャネル形成領域820と同時に形成される。この画素領域に配置される薄膜トランジスタは、非晶質珪素膜(a-Si)で構成されている。

【0141】これらソース/ドレイン領域、およびチャネル形成領域を不純物イオンの注入によって形成する工程は、自己整合的に行われる。

【0142】各薄膜トランジスタのソース/ドレインおよびチャネル形成領域を形成したら、層間絶縁膜として酸化珪素膜822を6000Åの厚さにプラズマCVD法で成膜する。さらにコンタクトホールを形成を行い、周辺回路領域に配置されるPチャネル型の薄膜トランジスタのソース電極823とPチャネル型の薄膜トランジスタとNチャネル型の薄膜トランジスタとの共通のドレイン電極824とNチャネル型の薄膜トランジスタのソース電極825を形成する。また同時に画素領域に配置されるNチャネル型の薄膜トランジスタのソース電極826とドレイン電極827を形成する。これら電極は、

チタン膜でアルミニウム膜を挟んだ3層構造で構成される。

【0143】さらに画素電極を構成するITO電極828を形成する。こうして、同一ガラス基板上に、単結晶と見なせる領域を利用して形成した周辺回路を構成する薄膜トランジスタと画素領域に配置される非晶質珪素膜を利用した薄膜トランジスタとを同時に形成することができる。このようにして、図7に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置を構成する一方の基板を完成する。こうして得られた構成は、種結晶805を利用して、2つ1組を薄膜トランジスタを形成したものと見ることができる。

【0144】図8(D)に示す状態を得た後は、さらに2層目の層間絶縁膜を形成し、その上に配向膜を形成する。そして、対向するガラス基板上に対向電極を形成し、やはり配向膜を形成する。その後配向処理を行い作製した一对のガラス基板を張り合わせる。最後にこの張り合わせた一对のガラス基板間に液晶を封入することにより、アクティブマトリクス型の液晶表示装置パネルが完成する。

【0145】本実施例に示すような液晶表示装置は、周辺回路を一体化した構成を有しており、非常にコンパクトにまた軽量に構成することができる。

【0146】本実施例においては、図8の示すように、種結晶805を利用して、Nチャネル型とPチャネル型の一对の薄膜トランジスタを形成し、これを相補型に構成する例を示した。しかし、これは同じチャネル型の1対の薄膜トランジスタとしてもよい。また、Nチャネル型とPチャネル型の一对の薄膜トランジスタを形成し、これを独立して動作するように構成してもよい。

【0147】〔実施例8〕本実施例は、図7(A)に示すような構成において、画素領域は薄膜トランジスタを利用しないパッシブ型の構成として、周辺回路のみを図7(B)に示すような単結晶と見なせる結晶性珪素膜の領域または実質的に単結晶と見なせる結晶性珪素膜の領域でもって構成する例である。

【0148】複雑な画像情報の表示を行わないのであれば、周知のSTN型の液晶表示装置で十分実用になることが知られている。例えば、文字と数字と簡単な図形の表示ができればよい携帯型の情報装置(ノート型のワードプロセッサやパーソナルコンピュータ)には、STN型の液晶表示装置が利用されている。しかし、画素領域の周囲に配設される周辺回路には、外付けのICを利用しているのが現状である。

【0149】外付けのIC回路を利用した場合、液晶パネルの厚さが厚くなり、また重量も大きなものになってしまう。そこで、本実施例に示す構成においては、周辺回路のみを図7(B)で示すような回路で構成することによって、ガラス基板上に液晶層と周辺回路を一体化したものとすることによって、一对のガ

ラス基板間に液晶層とこの液晶層に電界を加えるための電極および配線、さらに液晶層の周囲に図7(A)の702や703で示されるような周辺回路とを集積化した構成とすることができる。また、周辺回路702や703は、幅が数mmの領域に集積化されるので、全体の構成を非常にコンパクトなものとすることができる。

【0150】

【発明の効果】種結晶となる領域を選択的に形成することで、任意の領域に単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することができる。また、この領域は、ガラス基板上に形成することができる。本明細書に開示する発明を利用した場合、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺回路をガラス基板上に集積化した構成を実現することができる。特に、周辺回路の少なくとも一部を構成する薄膜トランジスタを単結晶珪素を用いたものと同等な特性を有するものとして、液晶表示装置のさらなる軽量化や薄膜化に寄与することができる。本明細書に開示する発明は、薄膜トランジスタに応用する以外に薄膜ダイオードや薄膜半導体を用いた光電変換装置や光センサー、さらには圧力センサーに利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を作製する工程を示す図。

【図2】 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域が結晶成長した状態を示す図。

【図3】 レーザー光の照射によって、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を作製する工程を示す図。

【図4】 レーザー光の照射によって、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を作製する工程を示す図。

【図5】 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を用いて薄膜トランジスタを作製する工程を示す図。

【図6】 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を作製する工程を示す図。

【図7】 アクティブマトリクス型の液晶表示装置の構成を示す図。

【図8】 アクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺回路の薄膜トランジスタと画素領域の薄膜トランジスタとを同時に形成する工程を示す図。

【図9】 結晶軸と結晶軸を中心とした回転角を定義するための図。

【符号の説明】

101 ガラス基板
102 下地膜（酸化珪素膜）
103 非晶質珪素膜

105 結晶性珪素膜
106、107 種結晶
108 非晶質珪素膜
109、110 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域
111 結晶粒界
501、502 活性層
503 ゲイト絶縁膜
504、505 ゲイト電極
512 層間絶縁膜
513、516 ソース電極
514、515 ドレイン電極
62 種結晶
61、63～66 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域
701 ガラス基板
702 周辺回路領域
703 周辺回路領域
704 画素領域
705～707 種結晶
708～710 単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域
717 Pチャネル型の薄膜トランジスタ
718 Nチャネル型の薄膜トランジスタ
801 ガラス基板
802 下地膜（酸化珪素膜）
803 種結晶
804 非晶質珪素膜
805 単結晶または実質的に単結晶と見なせる領域
806、807、808 活性層
809 ゲイト絶縁膜（酸化珪素膜）
810、811、812 ゲイト電極
813、818、819 ソース領域
814、817、820 チャネル形成領域
815、818、821 ドレイン領域
800 レジストマ

スク

822

層間絶縁膜

823

ソース電極

824

ドレイン電

極

825

ソース電極

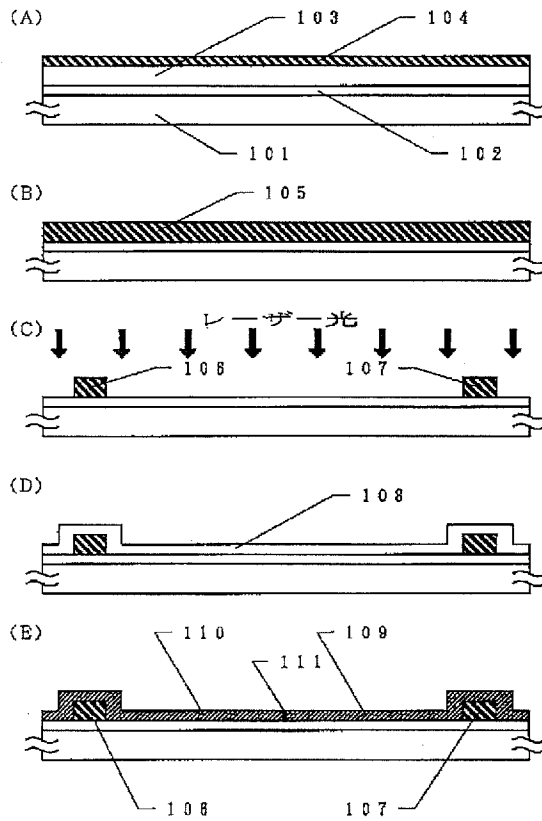
826

ソース電極

827

ドレイン電

【図1】



極

828

画素電極

901

結晶軸

902

結晶軸を中

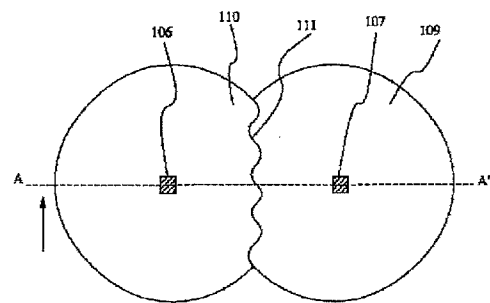
心とした回転角

903

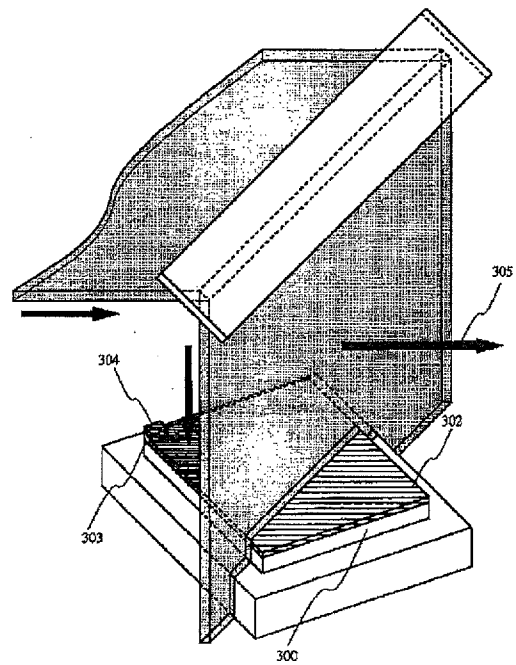
単結晶と見

なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域

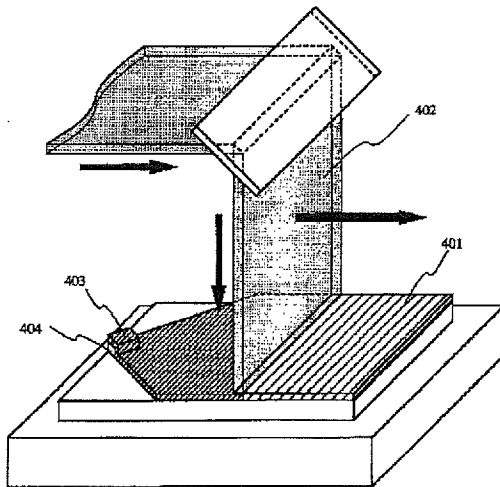
【図2】



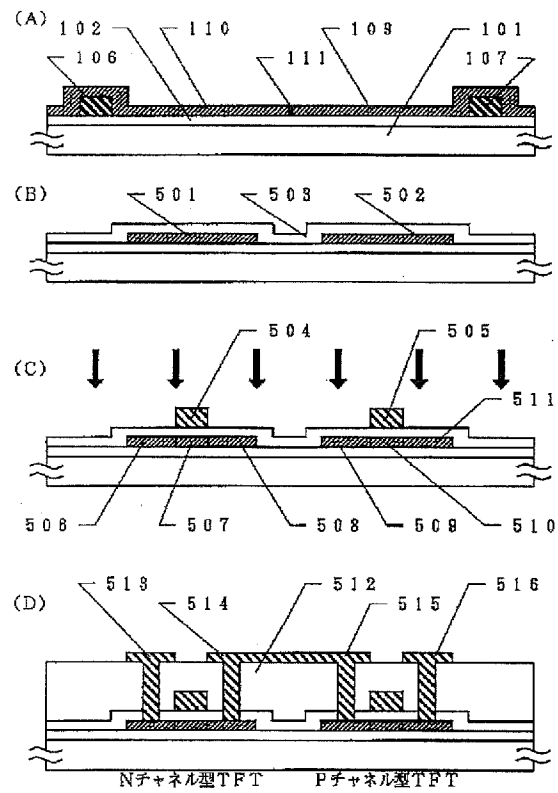
【図3】



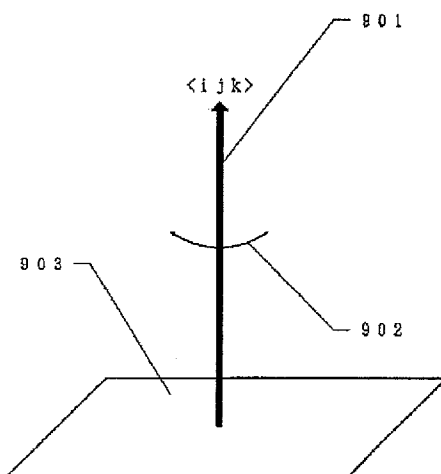
【図4】



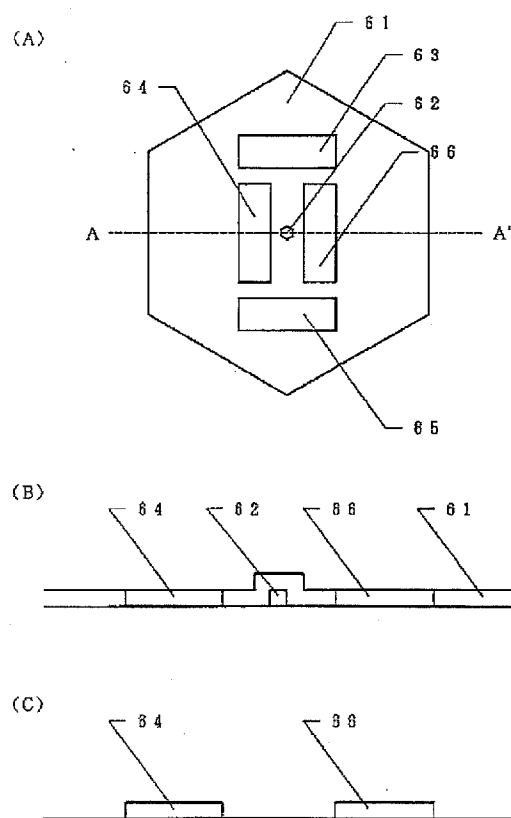
【図5】



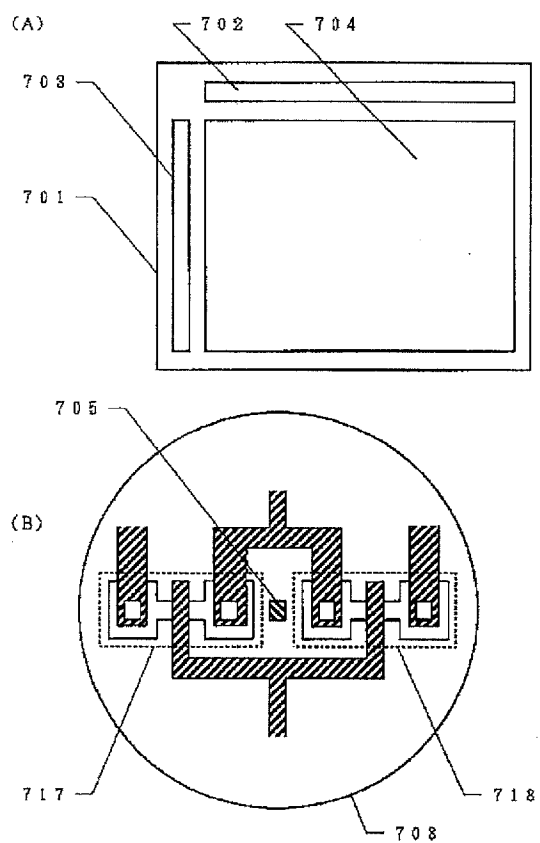
【図9】



【図6】



【図7】



【図8】

